

# INTERNET COOPERATION TREATY

PCT

## NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Assistant Commissioner for Patents  
United States Patent and Trademark  
Office  
Box PCT  
Washington, D.C. 20231  
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year)  
03 March 2000 (03.03.00)

International application No.  
PCT/DE99/01915

Applicant's or agent's file reference  
GR 98P2012P

International filing date (day/month/year)  
01 July 1999 (01.07.99)

Priority date (day/month/year)  
03 July 1998 (03.07.98)

Applicant

BRANDIN, Bertil et al

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

31 January 2000 (31.01.00)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election ☒ was

☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO  
34, chemin des Colombettes  
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

Authorized officer

Diana Nissen

Telephone No.: (41-22) 338.83.38

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

## PCT

### INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)



RECD 17 JUL 1999

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts <b>GR 98P2012P</b>	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsbericht (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen <b>PCT/DE99/01915</b>	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) <b>01/07/1999</b>	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag) <b>03/07/1998</b>
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK <b>G05B19/418</b>		
Anmelder <b>SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.</b>		

- Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationale vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
- Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 7 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.  
  
☐ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).  
  
 Diese Anlagen umfassen insgesamt Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderische Tätigkeit und der gewerbliche Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☒ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☒ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags  <b>31/01/2000</b>	Datum der Fertigstellung dieses Berichts  <b>13.07.2000</b>
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:   <b>Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465</b>	Bevollmächtigter Bediensteter  <b>Becker, K</b>  Tel. Nr. +49 89 2399 2601  

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE99/01915

## I. Grundlage des Berichts

1. Dieser Bericht wurde erstellt auf der Grundlage (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten.*):

### Beschreibung, Seiten:

1-12                      ursprüngliche Fassung

### Patentansprüche, Nr.:

1-8                      ursprüngliche Fassung

### Zeichnungen, Blätter:

1/11-11/11              ursprüngliche Fassung

2. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung,      Seiten:  
☐ Ansprüche,        Nr.:  
☐ Zeichnungen,      Blatt:

3. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)):

4. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

## V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

### 1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	1-8
	Nein: Ansprüche	
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	1-8
	Nein: Ansprüche	
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-8
	Nein: Ansprüche	

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**2. Unterlagen und Erklärungen**

**siehe Beiblatt**

**VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung**

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:

**siehe Beiblatt**

**VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung**

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:

**siehe Beiblatt**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**Punkt V:**

In diesem Bericht werden folgende Druckschriften (D) genannt:

- D1: DESPANG H G ET AL: 'RECHNERGESTUETZTER ENTWURF VON AUTOMATISIERUNGSANLAGEN UNTER NUTZUNG VON PETRI-NETZEN AM BEISPIEL EINER PAKETVERTEILANLAGE. \CAD OF CONTROL SYSTEMS USING PETRI NETS FOR THE EXAMPLE OF A PARCEL DISTRIBUTOR IN A POST OFFICE' AUTOMATISIERUNGSTECHNIK - AT,DE,OLDENBOURG VERLAG. MUNCHEN, Bd. 41, Nr. 8, Seite 307-316 XP000393035 ISSN: 0178-2312
- D2: US-A-5 212 881 (NISHITSUKA TAKASHI ET AL) 25. Mai 1993 (1993-05-25)
- D3: JÖRG SCHNEIDER: 'FEHLERREAKTION MIT SPEICHERPROGRAMMIERBAREN STEUERUNGEN-EIN BEITRAG ZUR FEHLERTOLERANZ' 1994 , SPRINGER-VERLAG XP002126582 99
- D4: FLECKENSTEIN J.: 'ZUSTANDSGRAPHEN FÜR SPS-GRAPHIKUNTERSTÜTZENDE PROGRAMMIERUNG UND STEUERUNGSABHÄNGIGE DARSTELLUNG' 1997 , SPRINGER-VERLAG XP002126583 63
- D5: FRIEDRICH A: 'NETZ DER NETZE WIE SPS-ORIENTIERTE PETRINETZE DIE TRANSPARENZ VON PROZESSEN ERHOEHEN KOENNEN' ELEKTROTECHNIK,DE,VOGEL VERLAG K.G. WURZBURG, Bd. 76, Nr. 4, Seite 44-47 XP000447796 ISSN: 1431-9578
- D6: DE-A-196 39 424 (Siemens)

D6 wurde nicht im Recherchenbericht genannt.

\*\*\*\*\*

**Anspruch 1:**

- 1 Im Anspruch 1 wird von einem Verfahren zum Entwurf einer Steuerung für einen Gesamtprozeß, der mehrere Einzelprozesse umfaßt, ausgegangen.

Dokumente D1, D5 und D6 zeigen jeweils derartige Verfahren.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Gemäß Merkmal b) des Anspruchs 1 wird eine Validierung durchgeführt, indem ein Zusammenspiel der Funktionalitäten gemäß einer Vorgabe für den Gesamtprozess automatisch dahingehend verifiziert wird, daß jeder Einzelprozeß während seines Ablaufs nicht behindert wird.

Nun zeigt aber keines der genannten Dokumente einen Hinweis, der den Fachmann dazu brächte, tatsächlich die Behinderungsfreiheit der Einzelprozesse umzusetzen. Dies ist von besonderer Bedeutung gerade im Hinblick auf den effizienten Ablauf des Gesamtprozesses, bspw. der Steuerung eines Bestückungsautomaten (siehe Erfindung, Fig.1 und zugehörige Beschreibung Seiten 5-6): Behindern sich zwei Prozesse, z.B. zwei Test-Prozesse, indem sie beide auf das Drehen des Revolverkopfes des Bestückungsautomaten zugreifen, so kommt es zu einer Blockierung, die zu einem Abbruch des Gesamtprozesses führen kann. Die Berücksichtigung solch einer Blockierung, also die Verifizierung des Gesamtprozesses dahingehend, dass keine Blockierung vorkommt, stellt einen ordnungsgemäßen und effizienten Betrieb des Gesamtprozesses und damit der Steuerung der Maschine (im Fall des Bestückungsautomaten) sicher.

D1 behandelt einen rechnergestützten Entwurf von Automatisierungsanlagen unter Nutzung von Petri-Netzen. Beispielhaft wird eine Paketverteilungsanlage besprochen. Dabei wird nirgends die Behinderung von Prozessen oder gar die Blockierungsfreiheit des Gesamtprozesses angesprochen.

In D5 geht es um SPS-orientierte Petrinetze zur Erhöhung der Transparenz von Prozessen. Dabei wird auf die Möglichkeiten und den sich daraus ergebenden Nutzen einer übersichtlichen Petrinetz-Darstellung eingegangen. Die Tatsache, dass auf Seite 44, rechte Spalte die schrittweise Verkettung von Programmbausteinen angesprochen wird, liefert dem Fachmann noch keinen Hinweis auf die Berücksichtigung einer möglichen Blockierung von Einzelprozessen.

D6 beschreibt ein Entwurfsverfahren für die Anlagentechnik und ein rechnergestütztes Projektierungssystem zur Verwendung bei diesem Verfahren. Dazu werden insbesondere formale Analyse und simulative Validierung eingesetzt. Die Simulation erfolgt anhand graphischer Unterstützung. Aus der validierten Spezifikation wird automatisch Code für Automatisierungssysteme erzeugt. Auch hier reicht die Tatsache der formalen Analyse mit anschließender

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Simulation nicht aus, den Fachmann zum Gegenstand der Erfindung zu führen.

Somit legt keines der genannten Dokumente, für sich oder in Kombination mit einem anderen Dokument, den Gegenstand unserer Erfindung nahe.

Der Gegenstand des Anspruchs 1 ist daher neu und aus einer erfinderischen Tätigkeit hervorgegangen (Artikel 33(1), (2) und (3) PCT).

**Anspruch 8:**

Die zum Anspruch 1 gemachten Bemerkungen gelten ebenso für den entsprechenden unabhängigen Vorrichtungsanspruch 8.

**Unteransprüche 2-7:**

Diese Ansprüche sind abhängig vom Anspruch 1.

\*\*\*\*\*

**Punkt VII:**

Es wird als zweckmäßig angesehen, den Vorrichtungsanspruch in zweiteiliger Form abzufassen (Regel 6.3 b PCT). Bei der Bildung des Oberbegriffes sollte vom Stand der Technik von D1 oder D6 ausgegangen werden.

Die Beschreibungseinleitung bedarf noch der Anpassung an das neue Patentbegehren.

Hierzu wird darauf hingewiesen, daß es auch nötig ist, die Angabe der Erfindung ab Zeile 10 auf Seite 2 in strikte Übereinstimmung mit dem Inhalt der neuen Ansprüche zu bringen.

In der Beschreibungseinleitung wäre auch der relevante aufgezeigte Stand der Technik (D1, D5 und D6) noch zu würdigen.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

### VIII

Der Schutzbereich des Anspruchs 1 ist unklar, da die dort angegebenen Merkmale nicht immer geeignet erscheinen, die gewünschte Einschränkung herzustellen.

So ist unter Schritt a) nicht klar, welche einschränkende Wirkung der Begriff "Funktionalitäten der Einzelprozesse" haben soll. Erstens ist nicht klar, was hier konkret unter Funktionalitäten zu verstehen sein soll und zweitens macht der Anspruch nicht zweifelsfrei klar, daß jeder Prozeß eine im Gesamtbetrieb mehrerer Prozesse oder sogar des gesamten technischen Systems eine (Teil-)Funktionalität übernimmt.

Unter Schritt b) macht der Satzteil "bei dem eine Validierung durchgeführt wird" lediglich die Aussage, daß bei dem beanspruchten Verfahren eine Validierung durchgeführt wird. Im Anspruch wird dann zwar gesagt, wie die Validierung durchgeführt wird, was aber konkret validiert wird, wie zum Beispiel die Steuerung des Gesamtprozesses, geht aus dem Anspruch nicht zweifelsfrei hervor.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Translation  
09/721 000

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT  
(PCT Article 36 and Rule 70)

RECEIVED  
MAR 13 2001

Applicant's or agent's file reference GR 98P2012P	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/409)	
International application No. PCT/DE99/01915	International filing date (day/month/year) 01 July 1999 (01.07.99)	Priority date (day/month/year) 03 July 1998 (03.07.98)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC G05B 19/418		
Applicant SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
2. This REPORT consists of a total of 7 sheets, including this cover sheet.

☐ This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of \_\_\_\_\_ sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I ☒ Basis of the report
- II ☐ Priority
- III ☐ Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV ☐ Lack of unity of invention
- V ☒ Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI ☐ Certain documents cited
- VII ☒ Certain defects in the international application
- VIII ☒ Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 31 January 2000 (31.01.00)	Date of completion of this report 13 July 2000 (13.07.2000)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/DE99/01915

## I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of *(Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.)*:

- ☐ the international application as originally filed.
- ☒ the description, pages 1-12, as originally filed,  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the claims, Nos. 1-8, as originally filed,  
 Nos. \_\_\_\_\_, as amended under Article 19,  
 Nos. \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
 Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
 Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the drawings, sheets/fig 1/11-11/11, as originally filed,  
 sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
 sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
 sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages \_\_\_\_\_
- ☐ the claims, Nos. \_\_\_\_\_
- ☐ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement****1. Statement**

Novelty (N)	Claims	1-8	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-8	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-8	YES
	Claims		NO

**2. Citations and explanations**

This report makes reference to the following documents (D):

D1: DESPANG H G ET AL: 'RECHNERGESTUETZTER ENTWURF VON AUTOMATISIERUNGSANLAGEN UNTER NUTZUNG VON PETRI-NETZEN AM BEISPIEL EINER PAKETVERTEILANLAGE. \CAD OF CONTROL SYSTEMS USING PETRI NETS FOR THE EXAMPLE OF A PARCEL DISTRIBUTOR IN A POST OFFICE' AUTOMATISIERUNGSTECHNIK - AT,DE,OLDENBOURG VERLAG, MUNCHEN, Vol. 41, No. 8, pages 307-316 XP000393035 ISSN: 0178-2312

D2: US-A-5 212 881 (NISHITSUKA TAKASHI ET AL) 25 May 1993 (1993-05-25)

D3: JÖRG SCHNEIDER: 'FEHLERREAKTION MIT SPEICHERPROGRAMMIERBAREN STEUERUNGEN-EIN BEITRAG ZUR FEHLERTOLERANZ' 1994, SPRINGER-VERLAG XP002126582 99

D4: FLECKENSTEIN J.: 'ZUSTANDSGRAPHEN FÜR SPS-GRAPHIKUNTERSTÜTZENDE PROGRAMMIERUNG UND STEUERUNGSABHÄNGIGE DARSTELLUNG' 1997, SPRINGER-VERLAG XP002126583 63

D5: FRIEDRICH A: 'NETZ DER NETZE WIE SPS-ORIENTIERTE PETRINETZE DIE TRANSPARENZ VON PROZESSEN

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

ERHOEHEN KOENNEN' ELEKTROTECHNIK, DE, VOGEL  
VERLAG K.G. WURZBERG, Vol. 76, No. 4, pages 44-  
47 XP000447796 ISSN: 1431-9578

D5: DE-A-196 39 424 (Siemens).

D6 was not listed in the search report.

Claim 1:

- 1 Claim 1 proceeds from a method for designing a unit for controlling an entire process comprising a plurality of individual processes.

Documents D1, D5 and D6 each show such a method.

According to feature b) of Claim 1, validation is carried out by automatically verifying the interaction between functionalities as per a requirement for the entire process such that each individual process is carried out unhindered.

None of the aforementioned documents, however, contains any indication that would prompt a person skilled in the art to actually reverse the freedom from impediment of the individual processes. This is of particular significance to the efficient running of the entire process; for example for controlling a pick-and-place machine (see the invention, Figure 1 and corresponding description, pages 5-6): if two processes, for example two test processes, are hampered as a result of their involving the rotation of the tool turret of the pick-and-place machine, a blockage occurs which can lead the entire process being interrupted. Taking

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



such a blockage into consideration, that is verifying the entire process to check that no blockages occur, ensures that the entire process operates properly and efficiently and thus that the machine is controlled (in the case of a pick-and-place machine).

D1 concerns the computer-aided design of control systems using Petri nets. A parcel distributor is provided as an example. D1 does not mention the hindering of processes or even the freedom from blockages of the entire process.

D5 concerns SPS-oriented Petri nets for increasing process transparency. The possibilities and benefits of a clear representation of the Petri net are discussed. The fact that the right-hand column on page 44 refers to the gradual interlinking of programme modules does not prompt a person skilled in the art to consider possible blockages of the individual processes.

D6 describes a design method for industrial and building systems and a computer-aided project planning system for use in said method. In particular, formal analysis and simulative validation are used. Simulation is carried out using graphic support. An automatic code for automation systems is generated from the validated specification. Here also, the formal analysis with subsequent simulation is not sufficient to lead a person skilled in the art to the subject matter of the invention.

Consequently, none of the citations, either

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

individually or in combination with another document, suggests the subject matter of the present invention.

The subject matter of Claim 1 is therefore novel and involves an inventive step (PCT Article 33(1), (2) and (3)).

**Claim 8:**

The observations concerning Claim 1 also apply to the corresponding independent device claim, Claim 8.

**Dependent Claims 2-7:**

These claims are dependent on Claim 1.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**VII. Certain defects in the international application**

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

It is considered appropriate to draft the device claim in the two-part form (PCT Rule 6.3(b)). The preamble should proceed from the prior art as per D1 or D6.

The introductory part of the description still needs to be brought into line with the new set of claims.

It should also be noted that it is necessary to bring the statement of the invention starting on line 10 of page 2 strictly into line with the disclosure of the new claims.

The introductory part of the description should also acknowledge the relevant prior art (D1, D5 and D6).

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## VIII. Certain observations on the international application

The following observations on the clarity of the claims, description, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made:

The scope of protection of Claim 1 is unclear, since the features specified therein do not always seem suitable for establishing the desired restriction.

In step a) it is unclear what restrictive effect is intended by the expression "functionalities of the individual processes". Firstly, it is not clear what should be specifically understood by "functionalities" and secondly, the claim does not make it unambiguously clear that each process takes over a (partial) functionality in the overall operation of a plurality of processes or even of the entire technical system.

In step b) the clause "in which validation is carried out" states merely that validation is carried out in the claimed method. Although the claim specifies how validation is carried out, it does not show specifically what is validated, for example, how the entire process is controlled.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>G05B 19/418, 19/042</b>		A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 00/02107</b>
		(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 13. Januar 2000 (13.01.00)	
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/01915		(81) Bestimmungsstaaten: CN, JP, KR, SG, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) Internationales Anmeldedatum: 1. Juli 1999 (01.07.99)			
(30) Prioritätsdaten: 198 29 804.8 3. Juli 1998 (03.07.98) DE		Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>	
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).			
(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BRANDIN, Bertil [SE/DE]; Baumstrasse 11, D-80469 München (DE). KALTENBACH, Markus [DE/DE]; Konradstrasse 10A, D-80801 München (DE).			
(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).			

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DESIGNING THE CONTROL OF AN OVERALL PROCESS

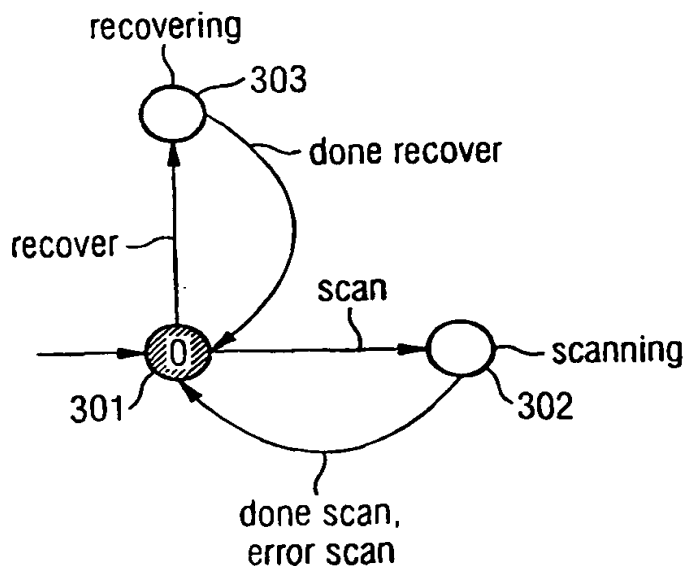
(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUM ENTWURF EINER STEUERUNG FÜR EINEN GESAMTPROZESS

(57) Abstract

The aim of the invention is to prevent blockages between competing individual processes that are part of an overall process. To this end, functionalities of the individual processes are identified and a validation of the interplay of these functionalities is carried out. The data obtained from the validation can then be used for controlling the overall process.

(57) Zusammenfassung

Um Blockierungen zwischen konkurrierenden Einzelprozessen innerhalb eines Gesamtprozesses zu verhindern, werden Funktionalitäten der Einzelprozesse identifiziert und eine Validierung des Zusammenspiels dieser Funktionalitäten durchgeführt. Die aus der Validierung erhaltenen Daten sind für eine Steuerung des Gesamtprozesses einsetzbar.



### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Beschreibung**Verfahren und Anordnung zum Entwurf einer Steuerung für einen Gesamtprozeß**

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zum Entwurf einer Steuerung für einen Gesamtprozeß, der mehrere Einzelprozesse umfaßt.

- 10 Die Steuerung einer komplexen technischen Anlagen bzw. eines Systems (Gesamtprozeß) umfaßt mehrere kleinere Steuerungseinheiten, die für bestimmte Teile (Einzelprozesse) der Anlage bzw. des Systems vorgesehen sind. Eine erste Steuerungseinheit für einen ersten Einzelprozeß ist dabei auf  
15 diesen Einzelprozeß beschränkt. Gleiches gilt für eine zweite Steuerung für einen zweiten Einzelprozeß. Auch wenn ein Zusammenspiel der ersten mit der zweiten Steuerung weitgehend fehlerfrei funktioniert, so ist nicht gewährleistet, daß bei geringfügiger Modifikation des ersten oder des zweiten  
20 Einzelprozesses noch eine fehlerfreie Funktion der gesamten Anlage gewährleistet ist. So kann eine kleine Änderung an einem Prozeß oder ein Hinzufügen eines dritten Prozesses zu nur empirisch nachweisbaren Konflikten und Blockierungen zwischen den Prozessen führen. Dabei ist es möglich, daß ein  
25 fehlerhafter Zustand des Gesamtprozesses einen empirischen Test überwindet und somit unerkannt bleibt. Dies ist gerade im Hinblick auf eine sicherheitskritische Anlage nicht akzeptabel, da in jedem Fall gewährleistet sein muß, daß kein unvorhergesehenes Ereignis im Zusammenspiel der Prozesse  
30 auftritt.

Neben den zu vermeidenden unerlaubten Zustände gibt es beim Ablauf eines Prozesses sogenannte erlaubte Zustände, die - bei ordnungsgemäßer Funktion - für den Prozeß ausschließlich  
35 auftreten sollen.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren und eine Anordnung zum Entwurf einer Steuerung für einen Gesamtprozeß anzugeben, wobei (formal) sichergestellt wird, daß keine Behinderung der Einzelprozesse auftritt und nur  
5 erlaubte Zustände belegt werden.

Diese Aufgabe wird gemäß den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst.

10 Im Rahmen der Erfindung wird ein Verfahren zum Entwurf einer Steuerung für einen Gesamtprozeß, der mehrere Einzelprozesse umfaßt, angegeben. Bei dem Verfahren werden Funktionalitäten der Einzelprozesse identifiziert. Weiterhin wird eine Validierung durchgeführt, indem ein Zusammenspiel der  
15 Funktionalitäten gemäß einer Vorgabe für den Gesamtprozeß automatisch dahingehend verifiziert wird, daß jeder Einzelprozeß während des Ablaufs nicht gestört wird. Aus dem Ergebnis der Validierung werden Daten für die Steuerung des Gesamtprozesses ermittelt.

20 Ein Vorteil des Verfahrens besteht darin, daß in dem Schritt der Validierung sichergestellt wird, daß jeder Einzelprozeß ungestört ablaufen kann. Ein weiterer Vorteil besteht in der automatischen Generierung von Daten für die Steuerung des  
25 Gesamtprozesses. Somit werden mit Hilfe des Verfahrens systematisch Daten für die Steuerung des Gesamtprozesses erstellt.

Eine Ausgestaltung besteht darin, daß nach der Validierung  
30 eine Ablaufoptimierung durchgeführt wird. So ist es sicherlich ein Vorteil, daß Einzelprozesse störungsfrei ablaufen können, ein anderer Vorteil besteht darin, daß die mehreren Einzelprozesse möglichst zeitoptimiert ablaufen. Ziel der Ablaufoptimierung ist es, die Durchführung  
35 vorgegebener Aktionen der mehreren Einzelprozesse parallel und in möglichst kurzer Zeit ohne Störungen vorzunehmen.

Eine Weiterbildung besteht darin, daß die Daten für die Steuerung des Gesamtprozesses in Form eines ablauffähigen Codes bestimmt werden. Hiermit ist sichergestellt, daß das Ergebnis der Validierung und gegebenenfalls der

- 5 Ablaufoptimierung vollständig automatisch in die Steuerung des Gesamtprozesses einfließt. Es wird beispielsweise ein in der Programmiersprache C oder der Programmiersprache C++ abgefaßter Programmcode generiert, der die Steuerung des Gesamtprozesses veranlaßt bzw. sicherstellt.

10

Insbesondere kommt der Vorteil bei der Generierung von ablauffähigem Code zum Tragen, wenn auch Funktionalitäten der Einzelprozesse in Form jeweiliger Programmeinheiten bereitgestellt werden. Entsprechen mehrere Funktionalitäten  
15 mehrerer Einzelprozesse jeweils mindestens einer Programmeinheit, so dienen die Daten zur Steuerung, die in Form ablauffähigen Codes generiert wurden, der Koordination der einzelnen Programmeinheiten, bzw. verwendet der ablauffähige Code die von den Programmeinheiten  
20 bereitgestellten Schnittstellen, z.B. Funktionsaufrufe oder Methodenaufrufe.

Auch ist es eine Weiterbildung, daß ein Einzelprozeß gestört wird, falls eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

25

- a) Der Einzelprozeß wird durch einen anderen Einzelprozeß blockiert. Im Fall der Blockierung wollen zwei Einzelprozesse eine physikalische Ressource in unterschiedlicher Weise nutzen. In so einem Fall kommt es  
30 zur Blockierung, da die Ressource nicht beiden Einzelprozessen gleichzeitig entsprechen kann.
- b) Der Einzelprozeß erreicht einen unerlaubten oder einen den Ablauf des Gesamtsystems gefährdenden Zustand. Es ist  
35 eine wesentliche Anforderung an eine sicherheitskritische Anwendung, daß keine gefährdenden Zustände eingenommen werden.

Auch wird im Rahmen der Erfindung eine Anordnung zur Steuerung eines Gesamtprozesses angegeben, welcher Gesamtprozeß mehrere Einzelprozesse umfaßt, wobei eine  
5   Prozessoreinheit vorgesehen ist, die derart eingerichtet ist, daß Funktionalitäten der Einzelprozesse identifizierbar sind. Ferner ist eine Validierung durchführbar, indem ein Zusammenspiel der Funktionalitäten gemäß einer Vorgabe für den Gesamtprozeß automatisch dahingehend verifiziert wird,  
10   daß jeder Einzelprozeß während des Ablaufs nicht behindert wird. Schließlich sind die Daten, die aus dem Ergebnis der Validierung resultieren, für die Steuerung des Gesamtprozesses einsetzbar.

15   Diese Anordnung ist insbesondere geeignet zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens oder einer seiner vorstehend erläuterten Weiterbildungen.

20   Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich auch aus den abhängigen Ansprüchen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung dargestellt und erläutert.

25   Es zeigen

Fig.1   einen Revolver-Kopf eines Bestückungsautomaten;

30   Fig.2   Schritte eines Verfahrens zur Generierung einer Steuerung eines Gesamtprozesses;

Fig.3   einen Zustandsautomaten, der das Systemverhalten der "scan"-Operation darstellt;

35   Fig.4   einen Zustandsautomaten, der das spezifische Systemverhalten des Scan-Tests darstellt;

- Fig.5 einen Zustandsautomaten, der eine sequentielle Abarbeitung des Vacuum-Tests und des Scan-Tests darstellt;
- 5 Fig.6 zwei Zustandsautomaten, die eine parallele Abarbeitung des Vacuum-Tests und des Scan-Tests darstellen;
- Fig.7 mehrere Zustandsautomaten, die ein Systemverhalten darstellen;
- 10 Fig.8 einen Zustandsautomaten, der ein spezifisches Systemverhalten darstellt;
- 15 Fig.9 zwei Zustandsautomaten, die jeweils spezifisches Systemverhalten für den Vacuum-Test und den Scan-Test darstellen;
- Fig.10 einen Zustandsautomaten für den Gesamtprozeß.
- 20
- Figur 1 zeigt einen Revolverkopf 101 eines Bestückautomaten. Der Revolverkopf 101 nimmt Bauteile auf, und plaziert sie an einer vorgegebenen Zielposition. Der Revolverkopf enthält 12 Vakuumpipetten 102, die als Aufnahme und Plazierungswerkzeug
- 25 dienen. Ist der Revolverkopf 101 über längere Zeit im Einsatz, so treten Verschleißerscheinungen auf, die Vakuumpipetten verschmutzen und nutzen sich ab. Demzufolge ist es notwendig, periodische Tests durchzuführen, um den Zustand der Vakuumpipetten 102 zu ermitteln und diese
- 30 gegebenenfalls auszutauschen. Zwei verschiedene Tests werden von zwei unterschiedlichen C-Programmen durchgeführt. Ein Vakuumtest 103 dient zur Feststellung, ob die jeweilige Vakuumpipette 102 noch den vorgesehenen Unterdruck erzeugen kann, ein Scan-Test 104 zeigt auf, inwieweit die einzelne
- 35 Vakuumpipette 102 physikalischen Verschleißerscheinungen unterliegt und ob sie ausgetauscht werden muß. Für die nachfolgenden Betrachtungen greifen der Scan-Test 104 und der

Vakuum-Test 103 auf ein und dieselbe Ressource zu: Das Drehen des Revolverkopfes 101.

Nachfolgend wird dargelegt, wie eine Steuerung eines  
5 Gesamtprozesses bestimmt wird, wobei Konfliktfreiheit  
garantiert wird und eine zeitgleiche Ausführung von Vakuum-  
Test 103 und Scan-Test 104 möglich ist, ohne daß der  
Gesamtprozeß unvorhergesehene Zustände einnehmen kann. Dazu  
sind die Funktionsaufrufe der obengenannten C-Programme zu  
10 koordinieren.

Figur 2 zeigt Schritte eines Verfahrens zur Generierung einer  
Steuerung eines Gesamtprozesses.

15 In einem Schritt 201 werden Funktionalitäten der  
Einzelprozesse identifiziert (Strukturierung). Weiterhin  
werden kontrollierbare und unkontrollierbare Ereignisse  
identifiziert. Kontrollierbare Ereignisse sind Ereignisse,  
die durch die Steuerung vermieden werden können.  
20 Unkontrollierbare Ereignisse sind Ereignisse, die nicht  
vermieden werden können, z.B. Ausgangswerte von Sensoren oder  
Ergebnisse von Aktionen. Ferner werden Sequenzen von  
Ereignissen identifiziert, die ein mögliches physikalisches  
Systemverhalten darstellen. Auch werden Sequenzen von  
25 Ereignissen identifiziert, die ein spezifisches  
Systemverhalten (aufgabenbezogenes Systemverhalten) unter dem  
Einfluß der Steuerung darstellen.

Der Schritt der Strukturierung 201 umfaßt ferner die  
30 Darstellung eines Zustandsautomaten, wie in Figur 3 für das  
"Scan-Verhalten" dargestellt ist.

Von einem Initialzustand 301 aus überführt ein "scan"-  
Kommando den Automaten in einen Zustand 302, in dem die  
35 Vakuumpipette 102 auf Verschleiß untersucht wird. Ist das  
"Scannen" abgeschlossen, so wird in den Zustand 301  
zurückgekehrt. Ebenso wird bei Auftreten eines Fehlers von



dem Zustand 302 in den Zustand 301 zurückgekehrt (Fehler:  
Vorgang des Scannens zeigt an, daß die Vakuumpipette 102  
ausgewechselt werden muß). Ein "Recover"-Kommando überführt  
den Zustand 301 in einen Zustand 303, in dem zu  
5 Startbedingungen zurückgekehrt wird (Recovering). Ist der  
Vorgang "Recovering" beendet, so wird in den Zustand 301  
("done recover") zurückgesprungen.

Auch das spezifische Systemverhalten wird in Form eines  
10 Automaten dargestellt. In Figur 4 ist hierzu ein Automat  
dargestellt, der dem spezifischen Systemverhalten für die  
Koordination der Ereignisse "turn", "done turn", "error  
turn", "scan", "done scan", "error scan", "counter"  
entspricht.

15 Figur 4 zeigt einen Zustandsautomaten, der das spezifische  
Systemverhalten des Scan-Tests 104 darstellt. Ein  
Initialzustand 401 wird durch ein "Turn"-Kommando in einen  
Zustand 402 überführt. Ist die Drehung des Revolverkopfes 101  
20 beendet, so erfolgt ein Übergang von Zustand 402 in einen  
Zustand 403. Tritt bei der Drehung ein Fehler auf ("error  
turn"), so geht der Zustand 402 in einen Zustand 407 über.  
Von dem Zustand 403 wird durch das "scan"-Kommando ein  
Übergang in einen Zustand 404 angestoßen, bei abgeschlossenem  
25 Scan-Test 104 erfolgt ein Übergang von dem Zustand 404 in  
einen Zustand 405. Die Erhöhung eines Zählers (counter)  
überführt den Zustand 405 in einen Zustand 406. Nun wird  
überprüft, ob der Zähler einen Wert 12 bereits erreicht hat.  
Ist dies der Fall, so wird der Zustand 406 in den Zustand 407  
30 überführt, weist der Zähler einen kleineren Wert als 12 auf,  
so geht der Zustand 406 in den Zustand 401 über. Verschiedene  
Kommandos stellen sicher, daß der Zustand 407 beibehalten  
wird: "recover", "done recover", "operator input", "stop".  
Ein "repeat"-Kommando veranlaßt eine Wiederholung des  
35 Vorgangs, indem der Zustand 407 in den Zustand 401  
übergeführt wird.

Ein nächster Schritt 202 in Figur 2 stellt eine Validierung der Steuerung des Gesamtprozesses sicher, indem automatisch Eigenschaften des Gesamtprozesses verifiziert werden. Solche Eigenschaften sind insbesondere eine Blockierungs- bzw. Nichtblockierungseigenschaft und eine Kontrollierbarkeitseigenschaft. Arbeiten verschiedene Einzelprozesse parallel nebeneinander und teilen diese Einzelprozesse sich eine oder mehrere Ressourcen (hier das Drehen des Revolverkopfes 101), so ist Blockierungsfreiheit gewährleistet, falls die Einzelprozesse ihre Aufgaben bis zu Ende durchführen können, ohne sich gegenseitig durch den Zugriff auf gemeinsame Ressourcen zu behindern. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel benutzen der Einzelprozeß Scan-Test 104 und der Einzelprozeß Vakuum-Test 103 gemeinsam die Ressource "Drehen des Revolverkopfs 101". Dies könnte zu einer gegenseitigen Blockierung führen, falls die Steuerung des Gesamtprozesses dieses nicht präventiv verhindert.

Weiterhin erfolgt die Validierung 202, indem eine Plausibilitätsüberprüfung der Strukturierung 201 des zu steuernden Gesamtprozesses durch Beobachtung oder Simulation des Systems und des spezifischen Systemverhaltens in Form eines Zustandsautomaten erfolgt. Schließlich wird automatisch die Verifikation vorgegebener Eigenschaften durchgeführt.

Eine dieser Eigenschaften ist  
"nachdem ein Fehler im Scan-Test 104 aufgetreten ist (das Ereignis "error scan" wurde angezeigt) setzt stets die "recovery"-Operation (das Ereignis "recover") ein".

Die Validierung 202 führt, falls diese nicht vollständig erfolgt und die den ungestörten Ablauf der Einzelprozessen formal verifiziert, wiederholt, indem zu dem Schritt 201, der Strukturierung der Funktionalitäten der Einzelprozesse, zurückverzweigt wird. Ist die Validierung 202 erfolgreich, so wird automatisch Code für die Steuerung des Gesamtprozesses generiert (vgl. Übergang zu Schritt 203 in Figur 2).

Dabei werden bei der automatischen Generierung der Steuerung des Gesamtprozesses insbesondere kontrollierbare Ereignisse den verknüpften Funktionsaufrufen innerhalb der Einzelprozesse und damit den zugehörigen Programmcode-Fragmenten zugeordnet. Die Zuordnung von unkontrollierbaren Ereignissen werden entsprechenden Rückgabewerten von Funktionsaufrufen oder Ausgabewerten von Sensoren zugeordnet. Ein Beispiel stellt der Funktionsaufruf des Ereignisses "scan" dar, der sich auf die entsprechende Programmcode-Fragment (C-Programm Routine "Scan-Test") bezieht, die als Rückgabewerte "scan error" oder "scan done" umfaßt.

Die automatische Generierung des C-Codes für die Steuerung des Gesamtprozesses wird aus verschiedenen Zustandsautomaten, Zuordnungen und/oder Programmcode-Fragmenten ermittelt. Die einzelnen im Schritt 201 strukturierten Funktionalitäten entsprechen dabei den entsprechenden Zustandsautomaten bzw. Programmcode-Fragmenten.

Wie bereits erwähnt, erfolgt eine parallelisierte Durchführung des Vakuum-Tests 103 und des Scan-Tests 104, wobei jeder Test an verschiedenen physikalischen Orten ausgeführt wird (vgl. Figur 1 gegenüberliegende Durchführung der beiden Tests).

Figur 5 und Figur 6 zeigen das gewünschte Verhalten der Einzelprozesse für den Vakuum-Test 103 und den Scann-Test 104, wobei in Figur 5 eine sequentielle Abarbeitung beider Tests und in Figur 6 eine parallele Abarbeitung beider Tests dargestellt ist. Bei der parallelen Abarbeitung in Figur 6 kann eine Blockierung der beiden Einzelprozesse dadurch eintreten, daß nach dem Ereignis "recovery vacuum" eines der beiden Ereignisse "turn" oder "counter" nicht eintreten wird. Dadurch ist ein von beiden parallel ablaufenden Einzelprozessen benötigtes Drehen ("turn"-Kommando) des Zylinderkopfes nicht gewährleistet. Während der eine Automat den Zylinderkopf drehen will, will der andere Automat den

Zähler hochsetzen, es kommt demnach zu einer Blockierung. Eine sequentielle Abarbeitung, wie in Figur 5 gezeigt, ist hingegen möglich, wobei hintereinander die Tests für je 12 Vakuumpipetten 102 durchgeführt werden und somit der

5 Zylinderkopf 101 zweimal vollständig gedreht werden muß. Der Zeitaufwand für die sequentielle Abarbeitung ist ungleich größer als für eine (nahezu) parallele Abarbeitung.

10 In Anlehnung an Figur 4 sind Figur 5 bis Figur 10 analog aus sich heraus verständlich. So umfaßt die Figur 5 die Zustände 501 bis 517, Figur 6 die Zustände 601 bis 618, wobei die Zustände 501 bis 509 und 509 bis 517 die jeweils eigenständigen, parallel ablaufbaren Automaten gemäß Figur 6, kennzeichnen. Das Ereignis, das jeweils ausschlaggebend für  
15 den Übergang eines Zustandes in einen anderen ist, ist in den Figuren jeweils entlang der Übergangspfeile angezeigt.

Ereignisse mit gleichem Namen treten in Automaten, in denen das jeweilige Ereignis definiert ist, synchron auf. Im  
20 vorliegenden Ausführungsbeispiel tritt das Ereignis "Scan" auf, falls der Zustandsautomat des Systemverhaltens (vgl. Figur 7) sich im Zustand "0" befindet, bzw. sich der Zustandsautomat des spezifischen Systemverhaltens gemäß Figur 8 in dem Zustand 0 oder im Zustand 1 befindet und falls der  
25 Zustandsautomat des spezifischen Systemverhaltens gemäß Figur 9 sich im Zustand 2 befindet.

Kontrollierbare Ereignisse sind:

30 "turn", "scan", "vacuum", "recover", "recovery turn",  
"recovery scan", "recovery vacuum", "counter", "operator input", "reset".

Unkontrollierbare Ereignisse sind:

35 "done turn", "error turn", "done scan", "error scan",  
"done vacuum", "error vacuum", "done recover",  
"counter=12?", "counter<12?", "stop", "repeat".

Der jeweilige Zustandsautomat zeigt an, in welchem Zustand das korrespondierende Systemverhalten beendet sein kann, d.h. der Zustand, der schwarz hinterlegt ist, definiert eine Terminierungsbedingung.

5

Figur 7 zeigt das Systemverhalten an. Wie oben bereits erwähnt, zeigt das Systemverhalten Sequenzen von Ereignissen, die physikalisch mögliche Systemzustände repräsentieren. Derartige physikalisch mögliche Verhalten sind das Drehen des Zylinderkopfes, das Durchführen des Vakuum-Tests, das Durchführen des Scann-Tests, das Erhöhen und Abfragen des Zählers und die Eingabe eines Kommandos, das eine vorgegebene Aktion auslöst. Der Zustand 0 in Figur 7 kennzeichnet sowohl den Initial- als auch den Endzustand des jeweiligen Systemverhaltens.

15

Nach der Identifikation des Systemverhaltens wird das spezifische Systemverhalten ermittelt, das sich auf ein Verhalten des Gesamtprozesses im Hinblick auf die zu steuernde Aufgabe bezieht. Für das spezifische Systemverhalten der Fehlerbehandlung ("error recovery") ist der zugehörige Zustandsautomat in Figur 8 dargestellt. In Figur 8 gibt es zwei markierte Zustände 801 und 807, wobei der Zustand 801 gleichzeitig Anfangs- und ein Endzustand des Zustandsautomaten ist. In den Zuständen 801 und 807 kann jeweils das spezifische Systemverhalten "Fehlerbehandlung" beendet werden.

20

25

Gemäß den obigen Ausführungen, erfolgt nun die Validierung. Dazu sind gemäß Figur 2 (vgl. Übergang von Validierung 202 zur Strukturierung 201: Iteration) mehrere Durchgänge gezeigt, die schließlich zu der Lösung gemäß Figur 7 bis Figur 9 führen.

30

Die Figuren 8 und 9 zeigen das gesteuerte spezifische Systemverhalten entsprechend der vorgegebenen Funktionalität des Gesamtprozesses. Dazu sind drei Aufgaben identifiziert

35

- worden, die parallel ausgeführt werden: Fehlerbehandlung, Scann-Test und Vakuum-Test. Insbesondere die Fehlerbehandlung wird nur dann aktiviert, wenn sowohl der Scan-Test 104 als auch der Vakuum-Test 103 in einem markierten Zustand (vgl. Zustand 6 bzw. Zustände 907, 917 in Figur 9). Der Scan-Test 104 und der Vakuum-Test 103 werden nur aktiviert, falls die Fehlerbehandlung in dem Initialzustand (vgl. Zustand 0 bzw. 801 in Figur 8) ist.
- Das Systemverhalten und das spezifische Systemverhalten gemäß den Figuren 7-9 sind blockierungsfrei. Weiterhin ist das spezifische Systemverhalten gemäß Figuren 8 und 9 kontrollierbar in Bezug auf das Systemverhalten aus Figur 7.
- In Figur 10 wird der Gesamtprozeß aus den Automaten entsprechend den Figuren 7-9 zusammengesetzt. Figur 10 stellt den Produktautomaten der beschriebenen Automaten dar und ist aus sich heraus verständlich. Insbesondere wird der Produktautomat gemäß Figur 10 nicht zur Strukturierung und Lösung der Steuerungsaufgabe für den Gesamtprozeß verwendet, da die übersichtliche Vorgehensweise, wie geschildert, einen strukturierten und überschaubaren Ansatz zur Bestimmung der Daten, die für die Steuerung des Gesamtprozesses notwendig sind, gewährleistet.
- Eine automatische Generierung des ablauffähigen Programmcodes zur Steuerung des Gesamtprozesses wird durchgeführt, indem zuerst Funktionsaufrufe den kontrollierbaren Ereignissen zugewiesen werden, wobei den Rückgabewerten der Funktionsaufrufe oder Ausgabewerte von Sensoren den entsprechenden unkontrollierbaren Ereignissen zugewiesen werden. Der Programmcode für die Steuerung des Gesamtprozesses wird generiert aus den Automatenzuweisungen und zugehörigen Programmcode-Fragmenten.

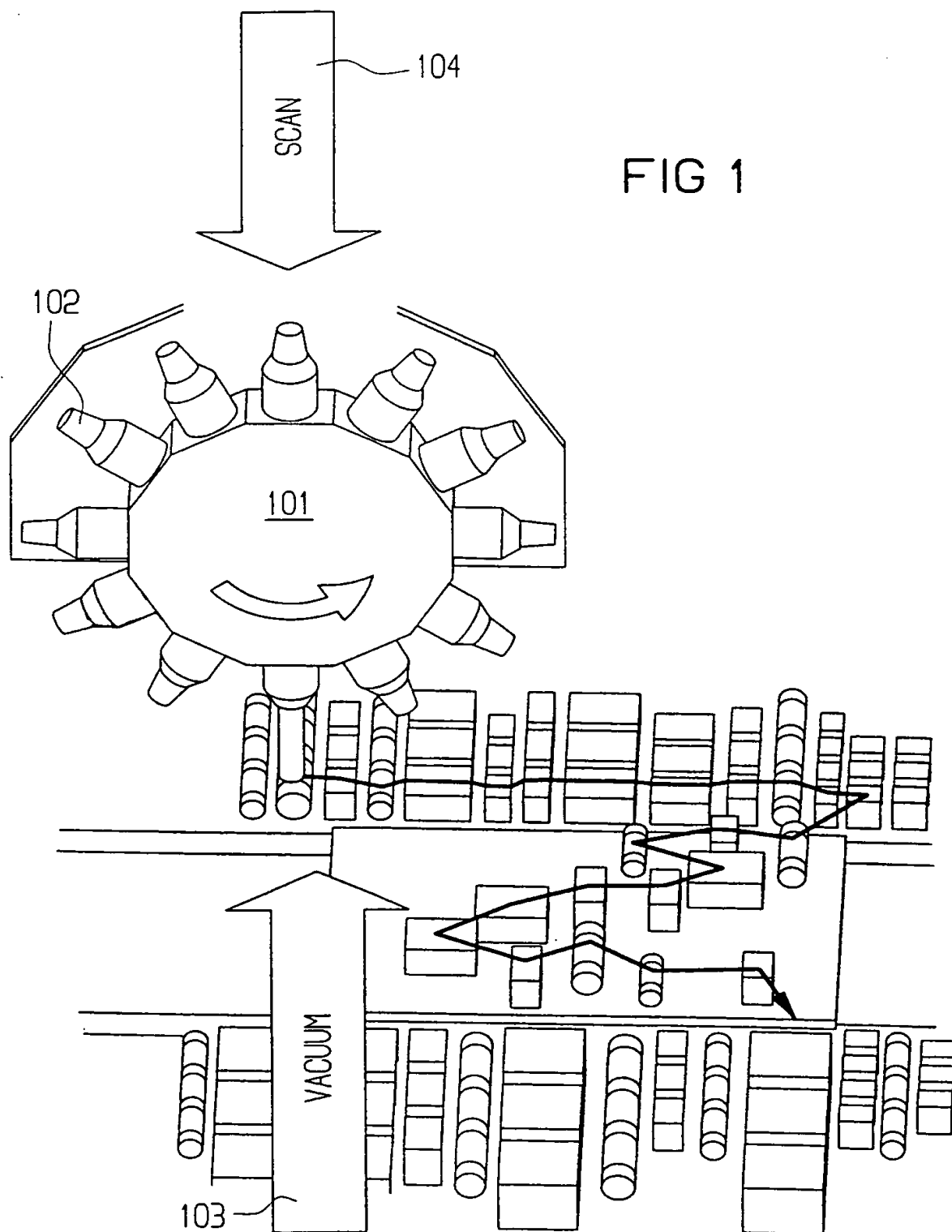
Patentansprüche

1. Verfahren zum Entwurf einer Steuerung für einen  
Gesamtprozeß, der mehrere Einzelprozesse umfaßt,  
5  
a) bei dem Funktionalitäten der Einzelprozesse  
identifiziert werden,  
b) bei dem eine Validierung durchgeführt wird, indem ein  
10 Zusammenspiel der Funktionalitäten gemäß einer Vorgabe  
für den Gesamtprozeß automatisch dahingehend  
verifiziert wird, daß jeder Einzelprozeß während des  
Ablaufs nicht behindert wird,  
15 c) bei dem aus einem Ergebnis der Validierung Daten für  
die Steuerung des Gesamtprozesses ermittelt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
bei dem zusätzlich zu Schritt 1c) eine Ablaufoptimierung  
20 durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
bei dem die Daten für die Steuerung in Form eines  
ablauffähigen Codes ermittelt werden.  
25
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
bei dem eine der Funktionalitäten der Einzelprozesse eine  
Softwareeinheit zur Steuerung des betroffenen  
Einzelprozesses ist.  
30
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
bei dem ein Einzelprozeß behindert wird, falls eine der  
folgenden Bedingungen erfüllt ist:  
a) der Einzelprozeß wird durch einen anderen Einzelprozeß  
35 blockiert;  
b) der Einzelprozeß erreicht einen unerlaubten oder einen  
den Ablauf des Gesamtsystems gefährdenden Zustand.

- 5 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
bei dem eine Steuerung für Einzelprozesse eines  
Bestückautomaten entworfen wird.
- 10 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
bei dem die für die Steuerung des Gesamtprozesses  
ermittelten Daten zur Steuerung einer technischen Anlage  
eingesetzt werden.
- 15 8. Anordnung zum Entwurf einer Steuerung für einen  
Gesamtprozeß, der mehrere Einzelprozesse umfaßt,  
mit einer Prozessoreinheit, die derart eingerichtet ist,  
daß
- 20 a) Funktionalitäten der Einzelprozesse identifizierbar  
sind;
- b) eine Validierung durchführbar ist, indem ein  
Zusammenspiel der Funktionalitäten gemäß einer Vorgabe  
für den Gesamtprozeß automatisch dahingehend  
verifiziert wird, daß jeder Einzelprozeß während des  
Ablaufs nicht behindert wird;
- 25 c) aus einem Ergebnis der Validierung Daten für die  
Steuerung des Gesamtprozesses einsetzbar sind.



FIG 1



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

2/11

FIG 2

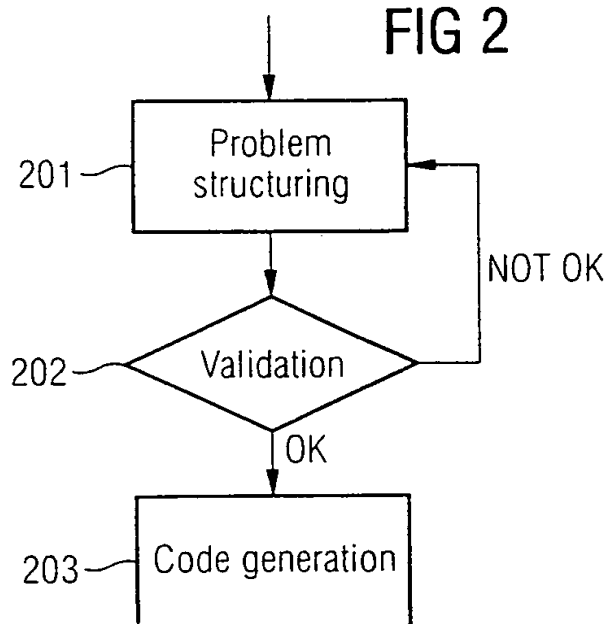
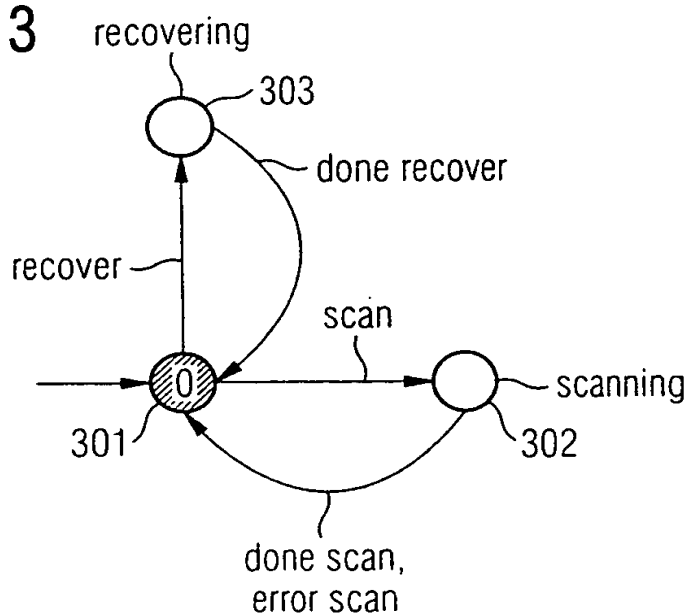


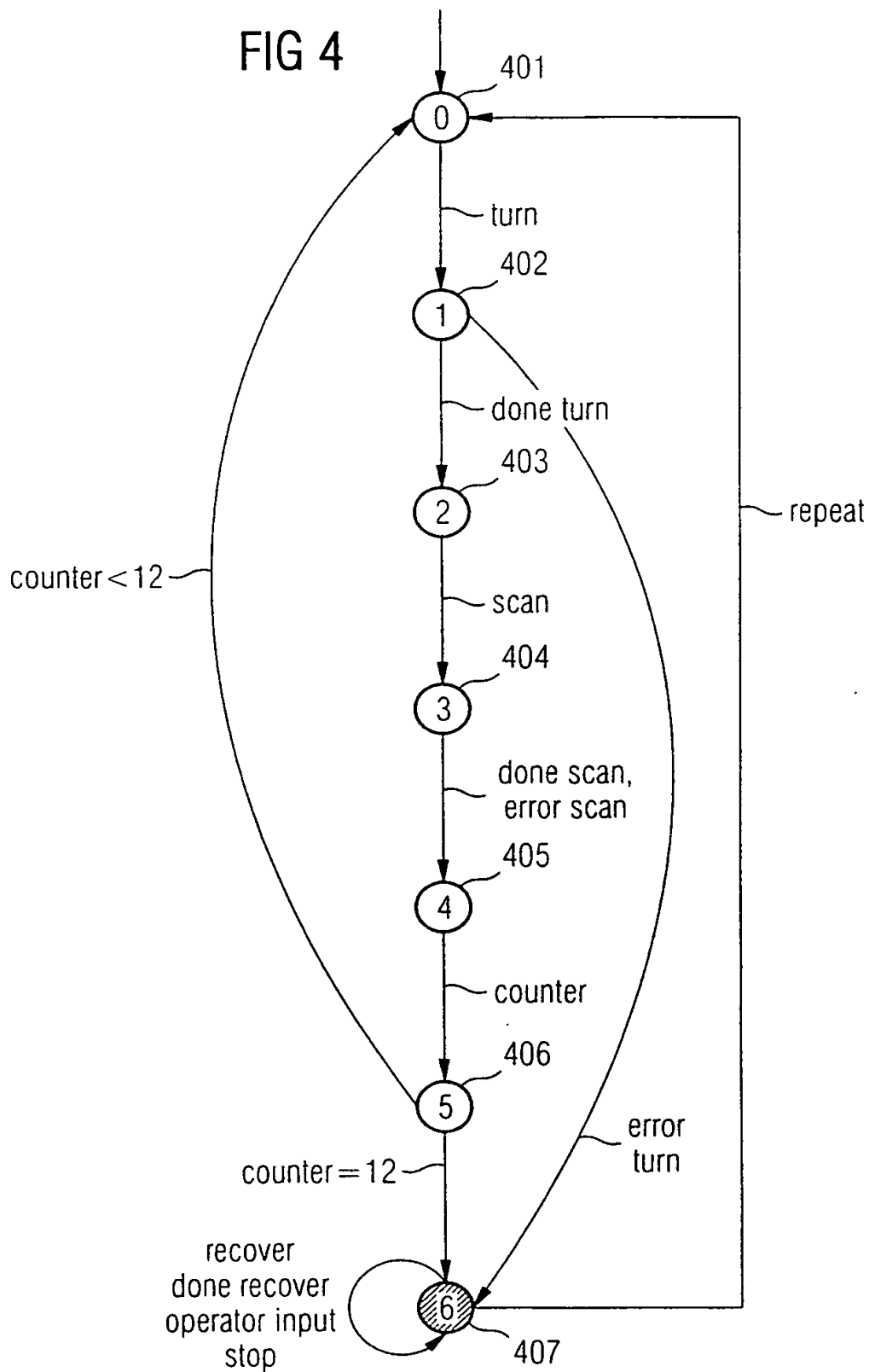
FIG 3



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

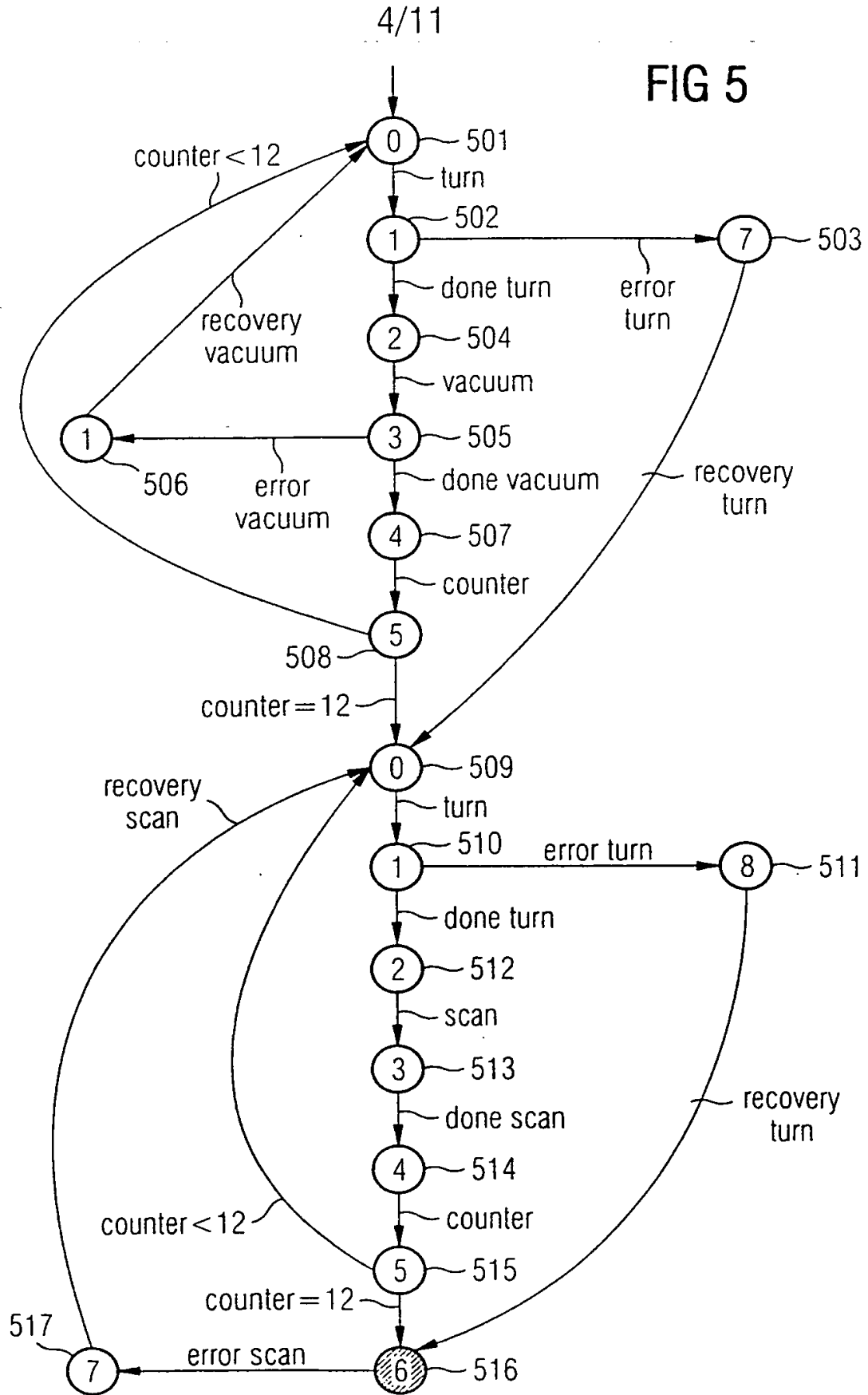
3/11

FIG 4



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

FIG 5

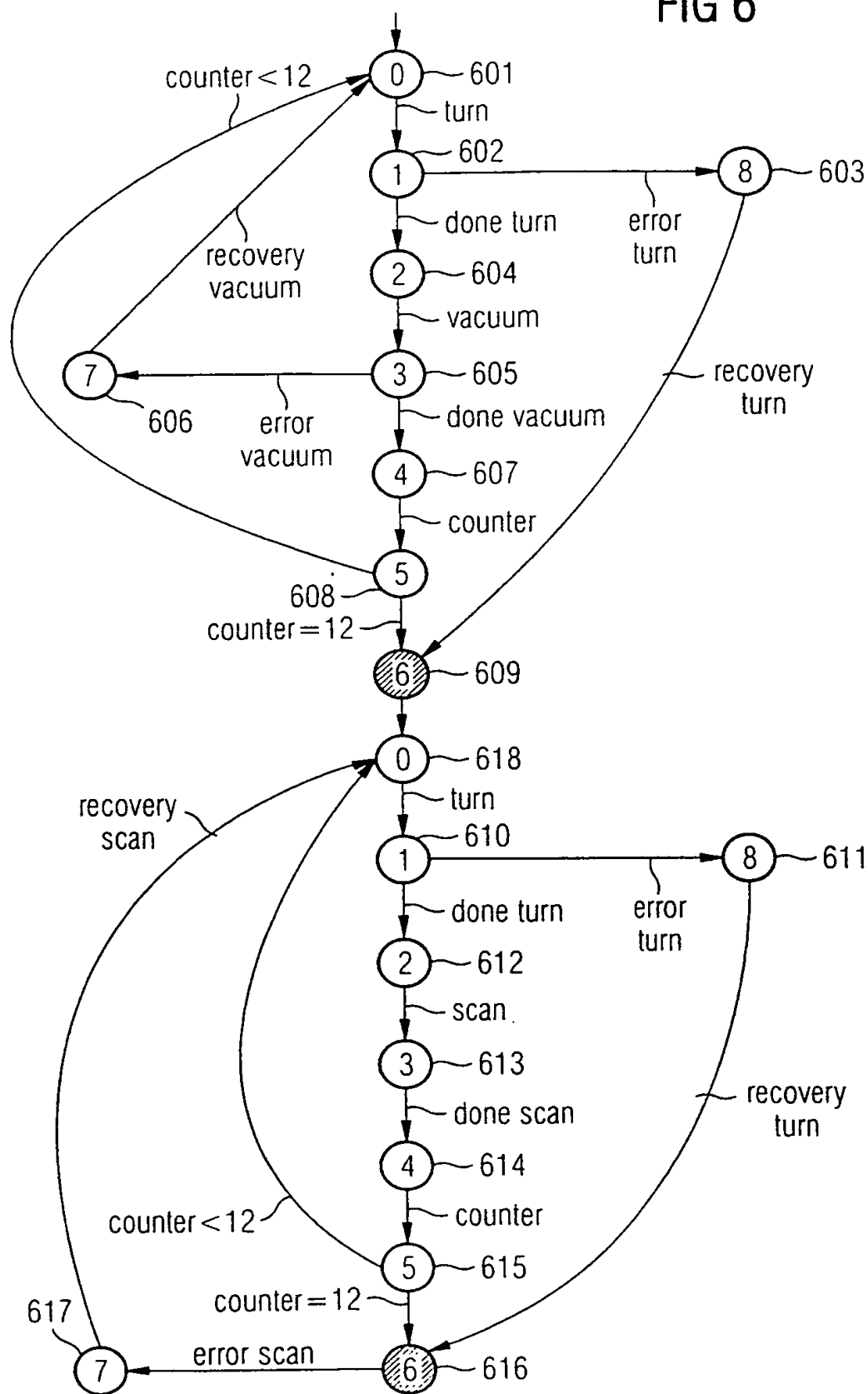


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



5/11

FIG 6

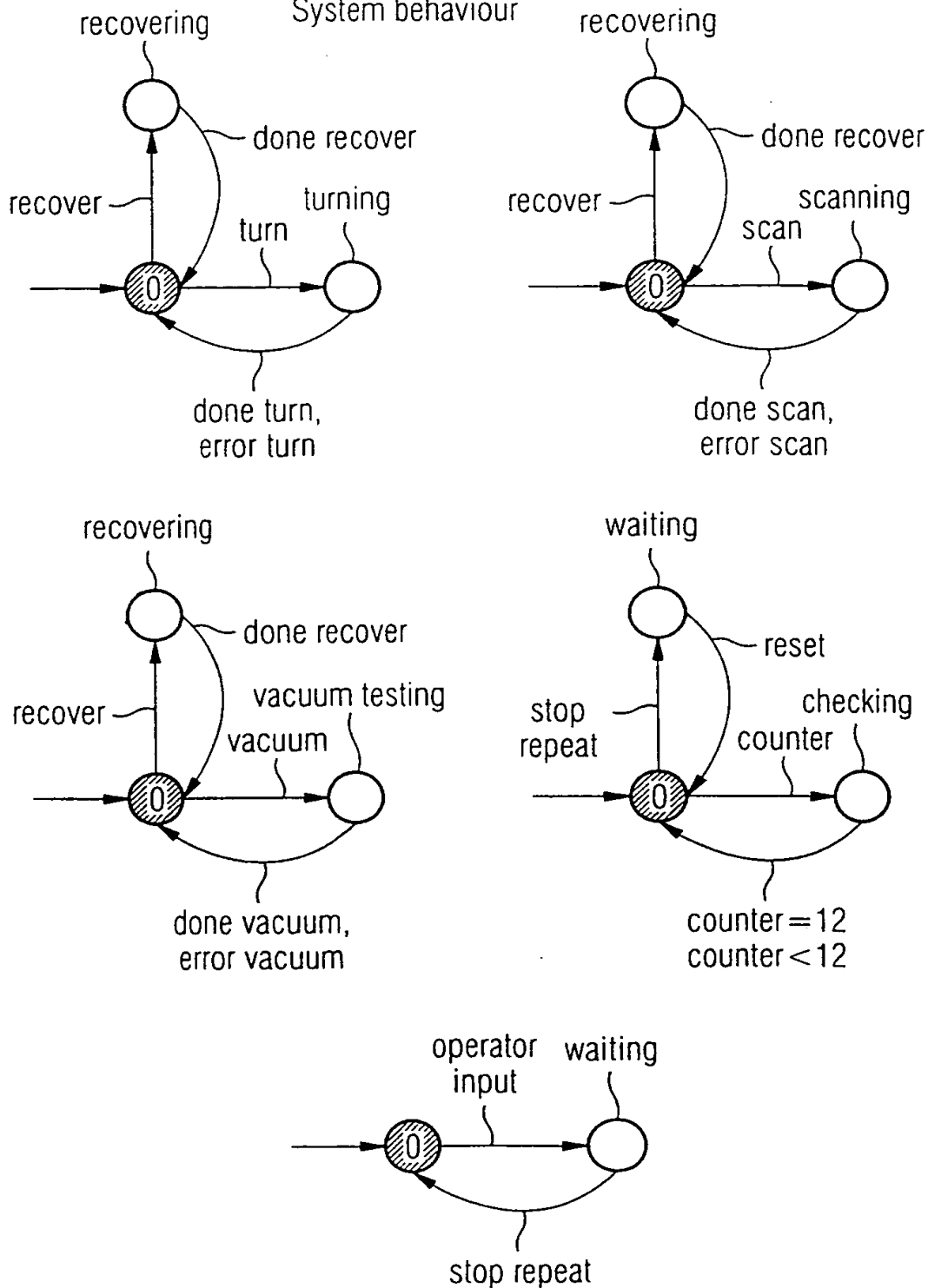


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

6/11

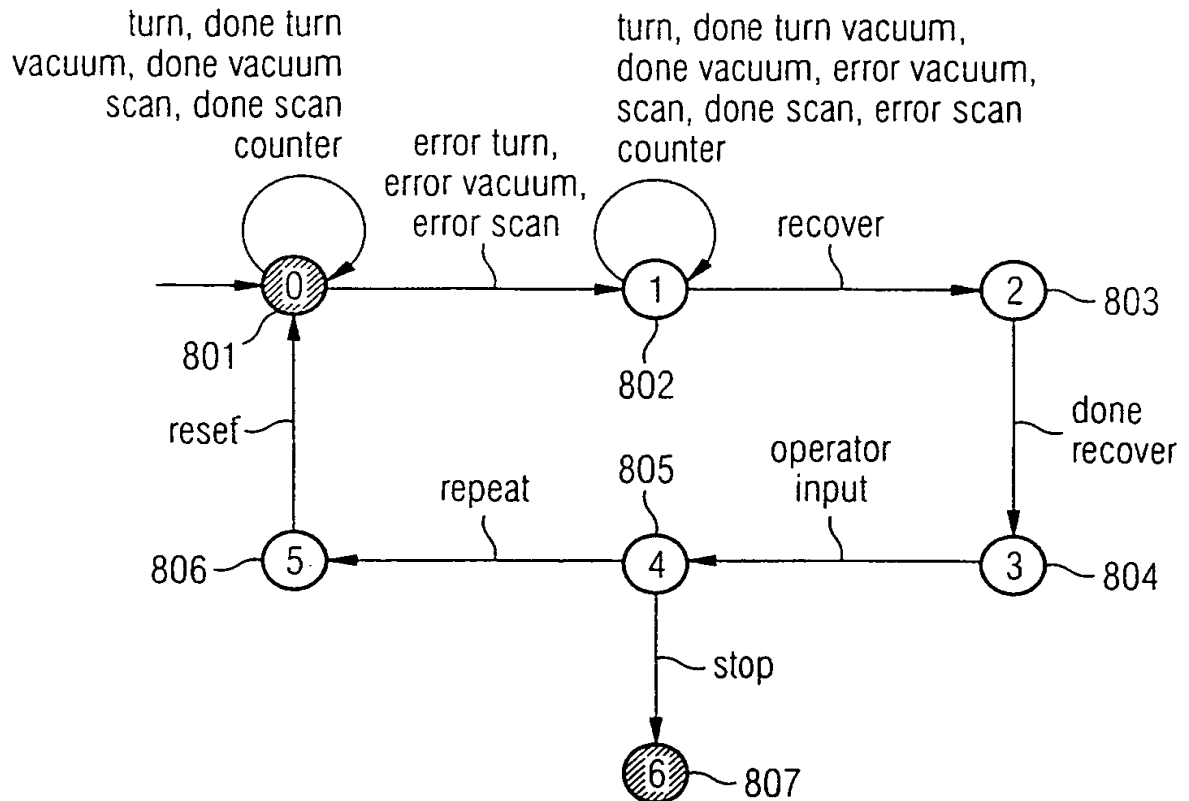
FIG 7

System behaviour



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

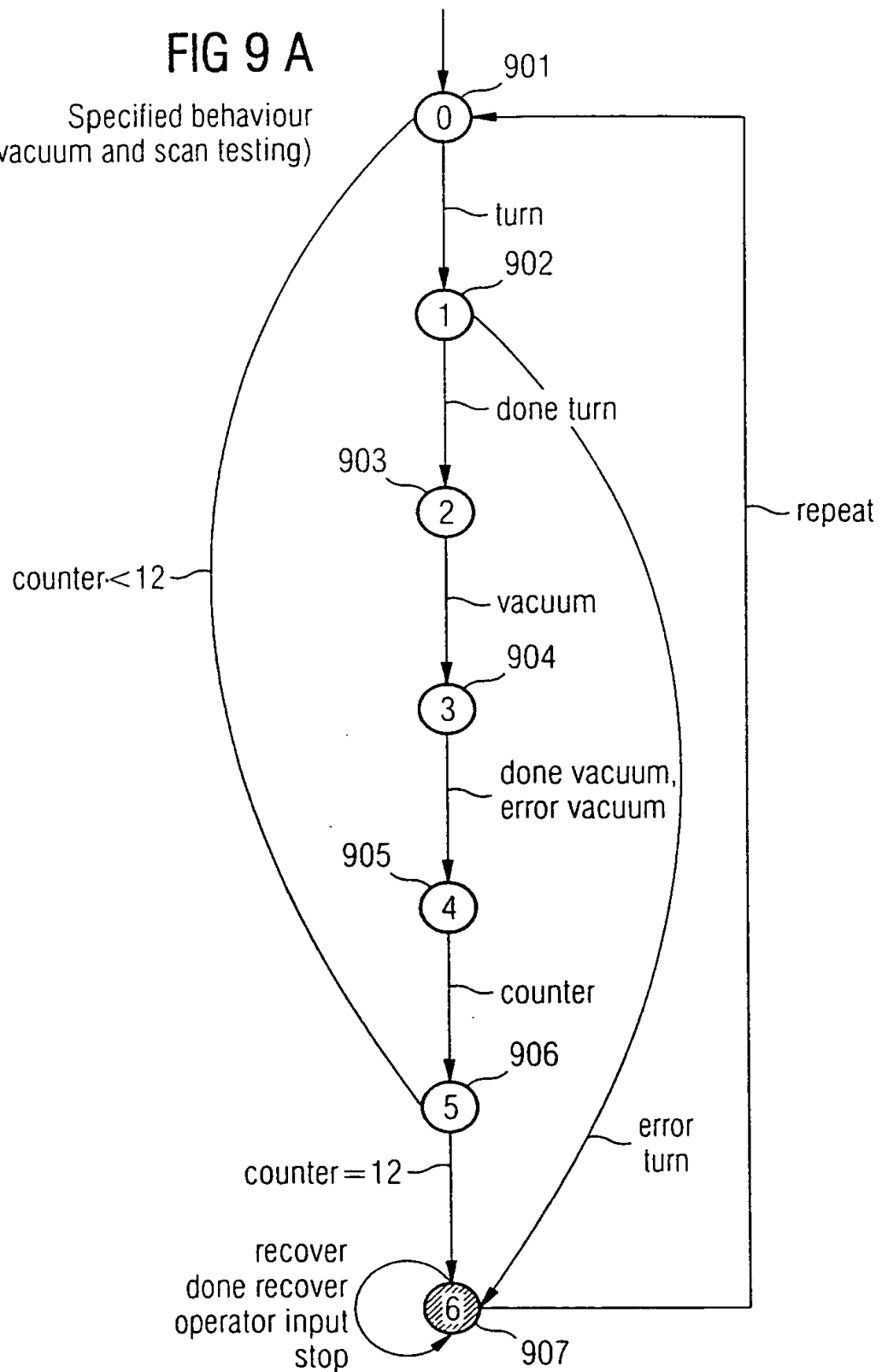
7/11

**FIG 8** Specified behaviour (error recovery)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

8/11

FIG 9 A

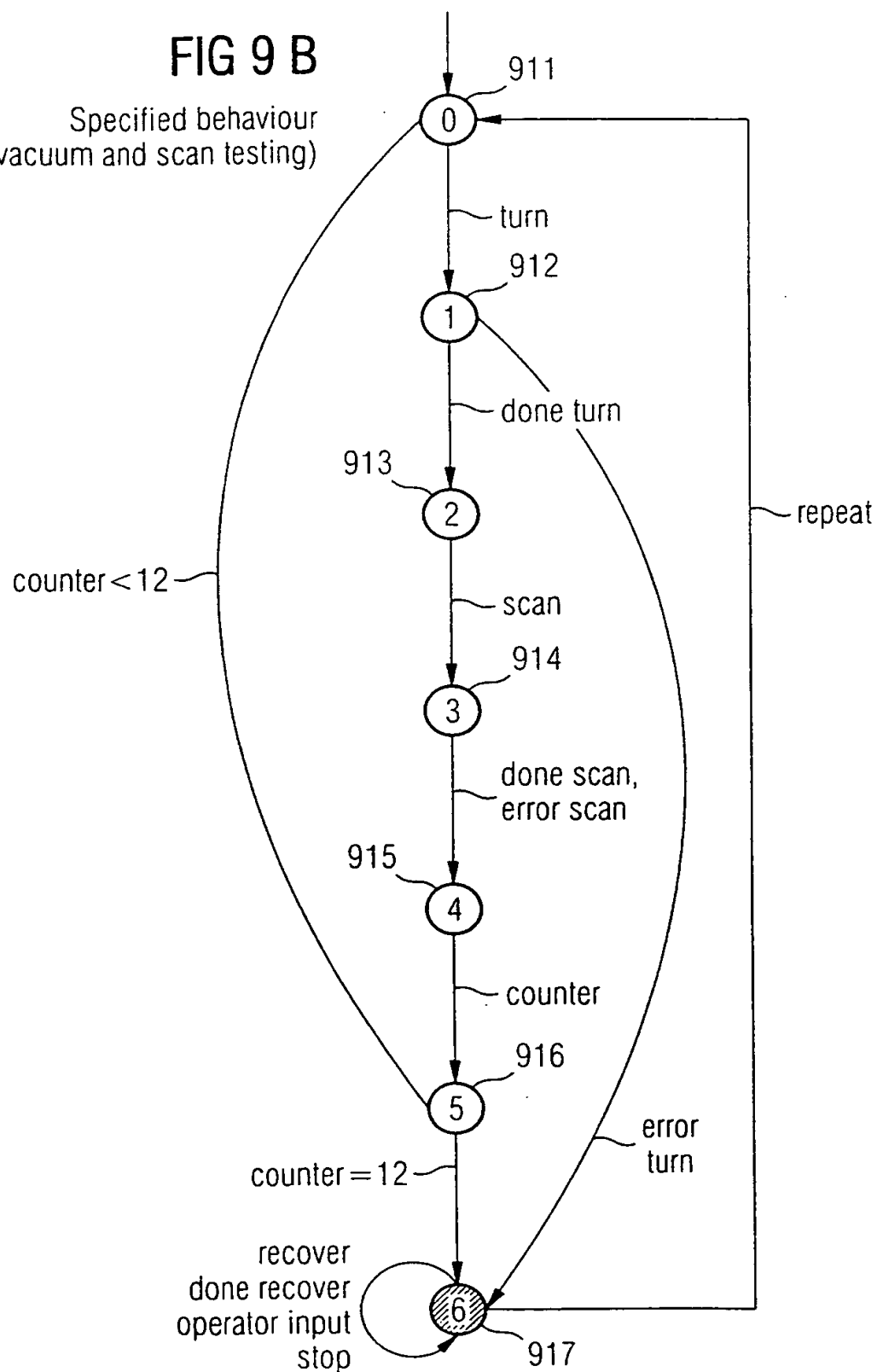
Specified behaviour  
(vacuum and scan testing)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

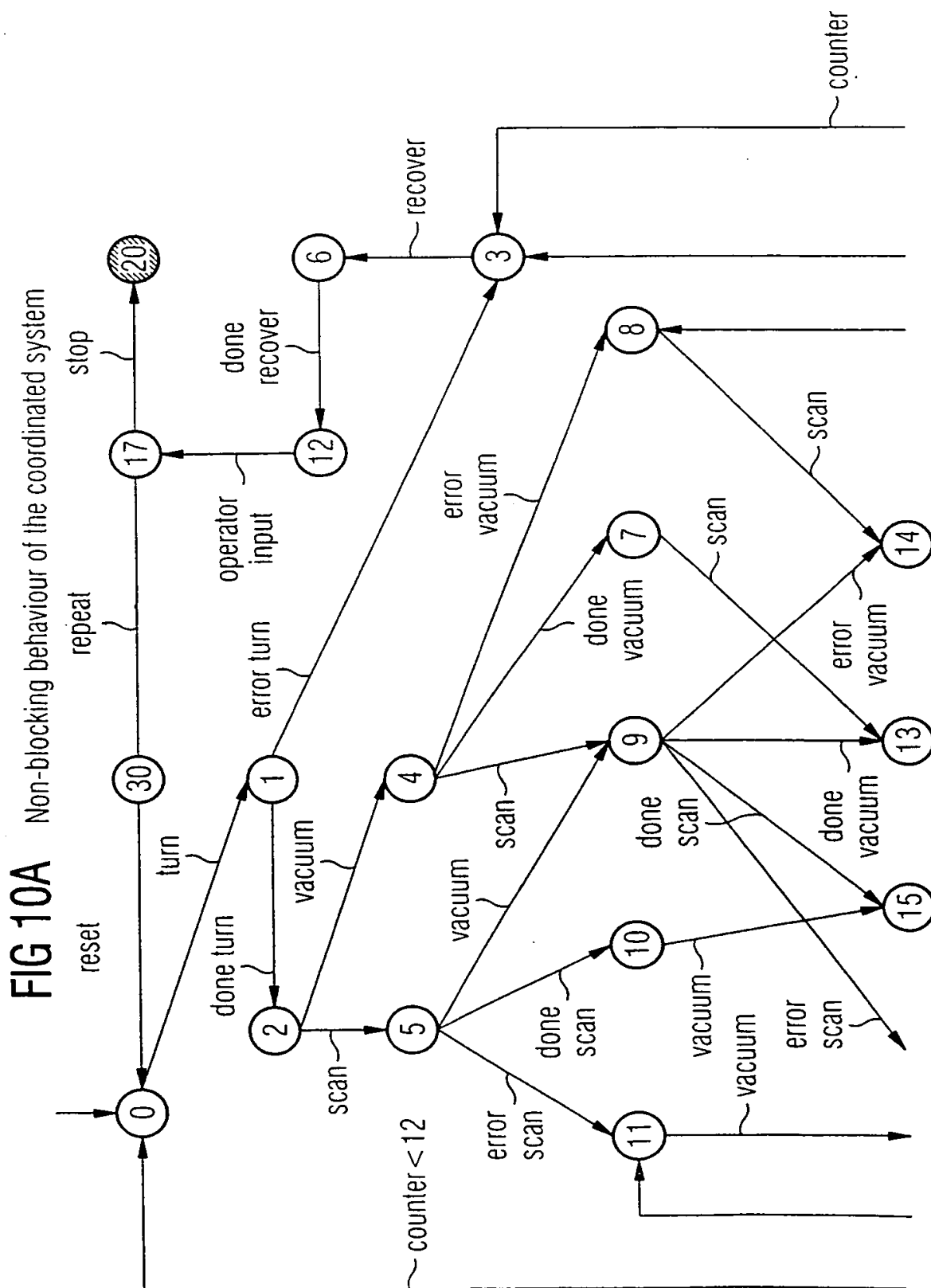


9/11

FIG 9 B

Specified behaviour  
(vacuum and scan testing)

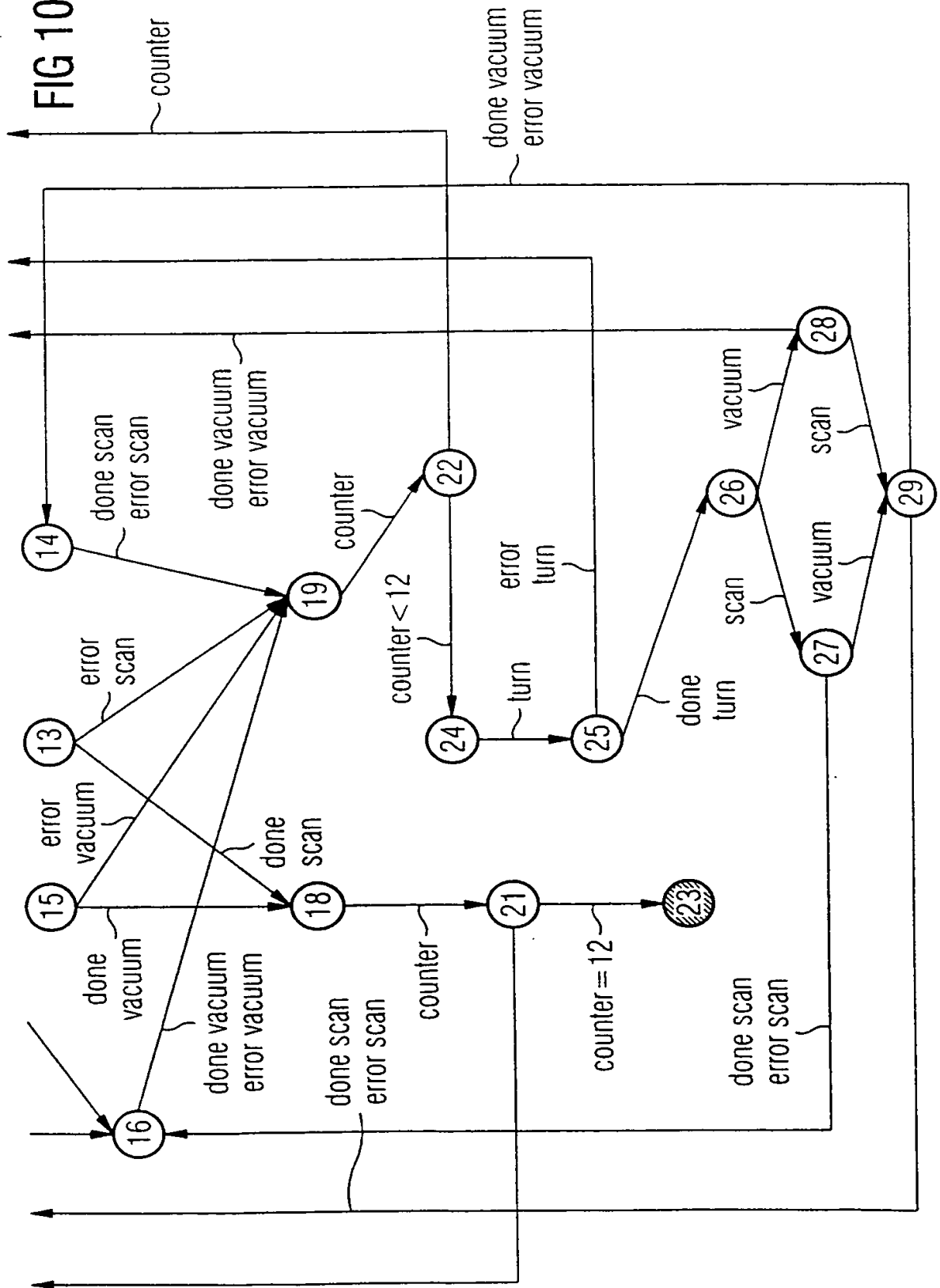
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

11/11

FIG 10 B



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**PCT**WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>7</sup> : <b>G05B 19/418, 19/05, 19/042</b>		<b>A3</b>	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 00/02107</b>
			(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 13. Januar 2000 (13.01.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/01915		(81) Bestimmungsstaaten: CN, JP, KR, SG, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) Internationales Anmeldedatum: 1. Juli 1999 (01.07.99)			
(30) Prioritätsdaten: 198 29 804.8 3. Juli 1998 (03.07.98) DE		Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.	
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).		(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen Recherchenberichts: 30. März 2000 (30.03.00)	
(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BRANDIN, Bertil [SE/DE]; Baumstrasse 11, D-80469 München (DE). KALTENBACH, Markus [DE/DE]; Konradstrasse 10A, D-80801 München (DE).			
(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).			

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DESIGNING THE CONTROL OF AN OVERALL PROCESS

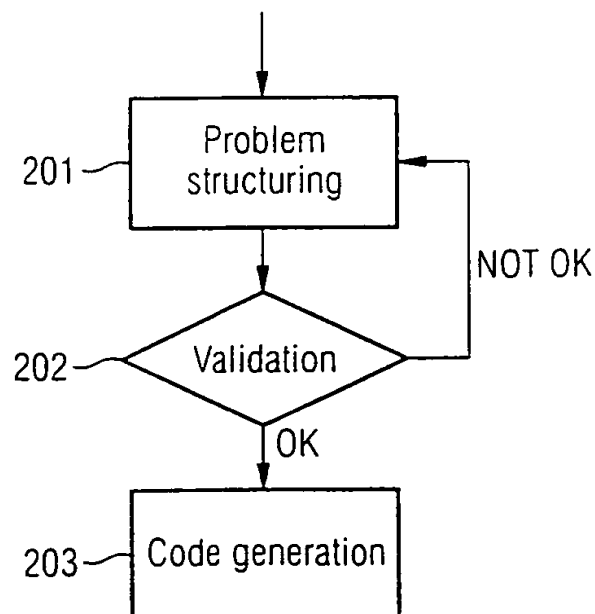
(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUM ENTWURF EINER STEUERUNG FÜR EINEN GESAMTPROZESS

## (57) Abstract

The aim of the invention is to prevent blockages between competing individual processes that are part of an overall process. To this end, functionalities of the individual processes are identified and a validation of the interplay of these functionalities is carried out. The data obtained from the validation can then be used for controlling the overall process.

## (57) Zusammenfassung

Um Blockierungen zwischen konkurrierenden Einzelprozessen innerhalb eines Gesamtprozesses zu verhindern, werden Funktionalitäten der Einzelprozesse identifiziert und eine Validierung des Zusammenspiels dieser Funktionalitäten durchgeführt. Die aus der Validierung erhaltenen Daten sind für eine Steuerung des Gesamtprozesses einsetzbar.



### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidsschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland		Republik Mazedonien	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		Amerika
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Niger
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun		Korea	PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 99/01915

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G05B19/418 G05B19/05 G05B19/042

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G05B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DESPANG H G ET AL: "RECHNERGESTUETZTER ENTWURF VON AUTOMATISIERUNGSANLAGEN UNTER NUTZUNG VON PETRI-NETZEN AM BEISPIEL EINER PAKETVERTEILANLAGE. \CAD OF CONTROL SYSTEMS USING PETRI NETS FOR THE EXAMPLE OF A PARCEL DISTRIBUTOR IN A POST OFFICE" AUTOMATISIERUNGSTECHNIK - AT,DE,OLDENBOURG VERLAG. MUNCHEN, vol. 41, no. 8, page 307-316 XP000393035 ISSN: 0178-2312 the whole document	1-4, 7, 8
A		5
Y		6

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 December 1999

Date of mailing of the international search report

24/01/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040. Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Nettesheim, J

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Interanal Application No

PCT/DE 99/01915

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FRIEDRICH A: "NETZ DER NETZE WIE SPS-ORIENTIERTE PETRINETZE DIE TRANSPARENZ VON PROZESSEN ERHOEHEN KOENNEN" ELEKTROTECHNIK, DE, VOGEL VERLAG K.G. WURZBURG, vol. 76, no. 4, page 44-47 XP000447796 ISSN: 1431-9578 the whole document ----	1,3,7,8      —
Y	US 5 212 881 A (NISHITSUKA TAKASHI ET AL) 25 May 1993 (1993-05-25) abstract; figures 2,3 ----	6
X	JÖRG SCHNEIDER: "FEHLERREAKTION MIT SPEICHERPROGRAMMIERBAREN STEUERUNGEN-EIN BEITRAG ZUR FEHLERTOLERANZ" 1994, SPRINGER-VERLAG XP002126582 99 page 103, right-hand column, paragraph 1 -page 108, left-hand column, last paragraph ----	1,3,7,8
X	FLECKENSTEIN J.: "ZUSTANDSGRAPHEN FÜR SPS-GRAPHIKUNTERSTÜTZENDE PROGRAMMIERUNG UND STEUERUNGSABHÄNGIGE DARSTELLUNG" 1997, SPRINGER-VERLAG XP002126583 63 page 34, paragraph 3 -page 41, last paragraph -----	1,3,7,8      43

**information on patent family members**

PCT/DE 99/01915

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

11/pts

09/721000

525 Rec'd PCT/PTO 03 JAN 2001

Description**Method and arrangement for designing the control of a complete process**

5

The invention relates to a method and an arrangement for designing the control of a complete process which comprises a number of individual processes.

10 The control of a complex technical installation or, respectively, of a system (complete process) comprises a number of smaller control units which are provided for certain parts (individual processes) of the installation or, respectively, of the system. A  
15 first control unit for a first individual process is restricted in this case to this individual process. The same applies to a second control for a second individual process. Even if an interplay of the first control with the second control functions largely  
20 without errors, this does not guarantee that an error-free operation of the complete installation is still guaranteed with a slight modification of the first or of the second individual process. Thus, a small change in a process or the addition of a third process can  
25 lead to conflicts and blocking between the processes which can only be empirically verified. In this context, it is possible that a faulty state of the complete process overcomes an empirical test and thus remains undetected. This is not acceptable especially  
30 with regard to a critical installation with respect to safety since it must be guaranteed in every case that no unpredicted event occurs in the interplay of the processes.

35 Apart from the unauthorized states to be avoided, there are in the sequence of a process so-called authorized states which should occur exclusively for the process if it is functioning correctly.

09/721000 010301

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

It is the object of the invention to specify a method and an arrangement for designing the control of a complete process in which it is (formally) ensured that there is no impediment to the individual processes  
5 and only authorized states are occupied.

This object is achieved in accordance with the features of the independent claims.

Within the context of the invention, a method for designing the control of a complete process which  
10 comprises a number of individual processes is specified. In the method, functionalities of the individual processes are identified. Furthermore, a validation is performed by automatically verifying an interplay of the functionalities in accordance with an  
15 input to the complete process, to the effect that each individual process is not disturbed during the operation. From the result of the validation, data for controlling the complete process are determined.

An advantage of the method consists in that it  
20 is ensured in the step of validation that each individual process can run undisturbed. A further advantage consists in the automatic generation of data for controlling the complete process. Thus, data for controlling the complete process are systematically  
25 generated with the aid of the method.

An embodiment consists in that a sequence optimization is performed after the validation. Thus, it is certainly an advantage that individual processes can run undisturbed and another advantage consists in  
30 that the several individual processes run time-optimized if possible. It is the aim of the sequence optimization to carry out the performance of predetermined actions of the several individual processes in parallel and in the shortest possible time  
35 without disturbances.

00724000 040004

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



A further development consists in that the data for controlling the complete process are determined in the form of an executable code. This ensures that the result of the validation and possibly of the sequence optimization flows completely automatically into the control of the complete process. For example, a program code written in the programming language C or the programming language C++ is generated which initiates or ensures the control of the complete process.

In particular, the advantage becomes noticeable in the generation of executable code if functionalities of the individual processes are also provided in the form of respective program units. If a number of functionalities of a number of individual processes in each correspond to at least one program unit, the data which were generated in the form of executable codes are used for controlling the coordination of the individual program units or, respectively, the executable code uses the interfaces, e.g. function calls or method calls, provided by the program units.

It is also a further development that an individual process is disturbed if one of the following conditions is met:

- a) The individual process is blocked by another individual process. In the case of the blocking, two individual processes wish to use one physical resource in different ways. In such a case, blocking occurs since the resource cannot meet the requirements of both individual processes at the same time.
- b) The individual process reaches an unauthorized state or a state endangering the operation of the complete system. It is an essential requirement for a critical application with respect to safety that no hazardous states are assumed.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

In the context of the invention, an arrangement for controlling a complete process is also specified, which complete process comprises a number of individual processes, a processor unit being provided which is set up in such a manner that functionalities of the individual processes can be identified. Furthermore, a validation can be performed by automatically verifying an interplay of the functionalities in accordance with an input to the complete process to the effect that each individual process is not impeded during the operation. Finally, the data resulting from the result of the validation can be used for controlling the complete process.

This arrangement is suitable, in particular, for carrying out the method according to the invention or one of its further developments explained above.

Further developments of the invention are also obtained from the dependent claims.

In the text which follows, exemplary embodiments of the invention are shown and explained with reference to the drawing, in which:

Fig. 1 shows a turret head of an automatic placement machine;

Fig. 2 shows steps of a method for generating the control of a complete process;

Fig. 3 shows a state machine which represents the system behavior of the "scan" operation;

Fig. 4 shows a state machine which represents the specific system behavior of the scan test;

30

0021000-010311

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 5 shows a state machine which represents a sequential processing of the vacuum test and of the scan test;

Fig. 6 shows two state machines which represent a parallel processing of the vacuum test and of the scan test;

Fig. 7 shows a number of state machines which represent a system behavior;

Fig. 8 shows a state machine which represents a  
10 specific system behavior;

Fig. 9 shows two state machines which in each case represent specific system behavior for the vacuum test and the scan test;

Fig. 10 shows a state machine for the complete process.

15           Figure 1 shows a turret head 101 of an automatic placement machine. The turret head 101 accepts components and places them at a predetermined target position. The turret head contains 12 vacuum pipettes 102 which are used as receptacle and placement  
20           tool. If the turret head 101 is used for a prolonged period, wear occurs, the vacuum pipettes become dirty and worn. Accordingly, it is necessary to perform periodic tests in order to determine the state of the vacuum pipettes 102 and to exchange them, if necessary.

25 Two different tests are performed by two different C  
programs. A vacuum test 103 is used for finding out  
whether the respective vacuum pipette 102 can still  
generate the intended vacuum; a scan test 104 indicates  
the extent to which the individual vacuum pipette 102  
30 is subject to physical wear and whether it needs to be  
exchanged. For the subsequent observations, the scan  
test 104 and the

[illegible]

ملک  
DI

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

vacuum test 103 access one and the same resource: the  
~~rotation of the turret head 101.~~      -----

The text which follows explains how the control of a complete process is determined, guaranteeing freedom from conflict and providing for the execution of vacuum test 103 and scan test 104 at the same time without the complete process being able to assume unpredicted states. For this purpose, the function calls of the abovementioned C programs must be coordinated.

Figure 2 shows steps of a method for generating the control of a complete process.

In a step 201, functionalities of the individual processes are identified (structuring). Furthermore, controllable and uncontrollable events are identified. Controllable events are events which can be avoided by the control. Uncontrollable events are events which cannot be avoided, e.g. output values of sensors or results of actions. Furthermore, sequences of events are identified which represent a possible physical system behavior. In addition, sequences of events are identified which represent a specific system behavior (task-related system behavior) under the influence of the control.

25           The step of structuring 201 also comprises the  
representation of a state machine as shown in figure 3  
for the "scan behavior".

From an initial state 301, a "scan" command places the machine into a state 302 in which the vacuum pipette 102 is examined for wear. If the "scanning" is  
30 concluded, the machine returns to state 301. Similarly,  
the machine returns to

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



state 301 from state 302 when an error occurs (error: the process of scanning indicates that the vacuum pipette 102 must be replaced). A "recover" command changes state 301 to a state 303 in which the machine returns to the starting conditions (recovering). If the "recovering" process is ended, the machine jumps back into state 301 ("done recover").

The specific system behavior is also shown in the form of a state machine. For this purpose, figure 4 shows a state machine which corresponds to the specific system behavior for the coordination of the events "turn", "done turn", "error turn", "scan", "done scan", "error scan", "counter".

Figure 4 shows a state machine which represents the specific system behavior of the scan test 104. An initial state 401 is changed to a state 402 by a "turn" command. If the turning of the turret head 101 is ended, the machine changes from state 402 to a state 403. If an error occurs during the turn ("error turn"), state 402 changes to a state 407. From state 403, the "scan" command initiates a change to a state 404; when the scan test 104 is concluded, the machine changes from state 404 to a state 405. Incrementing a counter changes state 405 to a state 406. A check is then made to determine whether the counter has already reached a value 12. If this is so, state 406 is changed to state 407; if the counter exhibits a smaller value than 12, state 406 changes to state 401. Various commands ensure that state 407 is kept: "recover", "done recover", "operator input", "stop". A "repeat" command causes the process to be repeated in that state 407 is changed to state 401.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

A next step 202 in figure 2 ensures a validation of the control of the complete process by automatically verifying characteristics of the complete process. Such characteristics are, in particular, a blocking or non-blocking characteristic and a controllability characteristic. If various individual processes are operating in parallel with one another and if these individual processes share one or more resources (in this case the turning of the turret head 101), freedom from blocking is ensured if the individual processes can perform their tasks right to the end without impeding each other by accessing common resources. In the exemplary embodiment shown, the individual process scan test 104 and the individual process vacuum test 103 jointly use the resource "turning of the turret head 101". This could lead to mutual blocking if the control of the complete process does not prevent this preventatively.

Furthermore, the validation 202 is carried out in that a plausibility check of the structuring 201 of the complete process to be controlled is effected by observation or simulation of the system and of the specific system behavior in the form of a state machine. Finally, predetermined characteristics are automatically verified. One of these characteristics is "after an error has occurred in scan test 104 (the event "error scan" was indicated), the "recovery" operation (the event "recover") always starts".

The validation 202, if it is not done completely and which formally verifies the undisturbed sequence of the individual processes, is repeated by branching back to step 201, the structuring of the functionalities of the individual processes. If the validation 202 is successful, code for controlling the complete process is automatically generated (compare change to step 203 in figure 2).

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

During this process, during the automatic generation of the control of the complete process, controllable events are allocated, in particular, to the linked function calls within the individual processes and thus to the associated program code fragments. Uncontrollable events are allocated to corresponding return values of function calls or output values of sensors. An example is represented by the function call of the event "scan" which relates to the corresponding program code fragment (C program routine "scan test") which comprises "scan error" or "scan done" as return values.

The automatic generation of the C code for controlling the complete process is determined from various state machines, allocations and/or program code fragments. The individual functionalities structured in step 201 correspond in this case to the corresponding state machines or, respectively, program code fragments.

As already mentioned, the vacuum test 103 and the scan test 104 are carried out in parallel, each test being performed at different physical locations (compare figure 1, oppositely located performance of the two tests).

Figures 5 and 6 show the desired behavior of the individual processes for the vacuum test 103 and the scan test 104, figure 5 showing a sequential processing of the two tests and figure 6 showing a parallel processing of the two tests. In the parallel processing in figure 6, blocking of the two individual processes can occur due to the fact that after the event "recovery vacuum", one of the two events "turn" or "counter" will not occur. As a result, a turning ("turn" command) of the cylinder head, which is needed by both individual processes running in parallel, is not guaranteed. Whereas one machine wants to turn the cylinder head, the other machine

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

wants to increment the counter, resulting in blocking.

In contrast, sequential processing as indicated in figure 5 is possible, the tests for 12 vacuum pipettes 102 each being performed in succession and thus the cylinder head 101 having to be turned twice completely. The time expenditure for the sequential processing is far greater than for (almost) parallel processing.

On the basis of figure 4, figure 5 to figure 10 can be analogously understood per se. Thus, figure 5 comprises states 501 to 517, figure 6 comprises states 601 to 618, states 501 to 509 and 509 to 517 characterizing the in each case independent machines according to figure 6 which can run in parallel. The event which is in each case decisive for a state changing to another one is in each case indicated along the transition arrows in the figures.

~~Events having the same name occur synchronously~~  
in machines in which the respective event is defined.  
In the present exemplary embodiment, the event "scan"  
20 occurs if the state machine of the system behavior  
(compare figure 7) is in state "0" or, respectively,  
the state machine of the specific system behavior  
according to figure 8 is in state 0 or in state 1 and  
if the state machine of the specific system behavior  
25 ~~according to figure 9 is in state 2.~~

Controllable events are:

```
"turn", "scan", "vacuum", "recover", "recovery  
turn", "recovery scan", "recovery vacuum",  
"counter", "operator input", "reset".
```

30           Uncontrollable events are:

```
"done turn", "error turn", "done scan", "error
scan", "done vacuum", "error vacuum", "done
recover", "counter=12?", "counter<12?", "stop",
"repeat".
```

35

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



The respective state machine indicates the state in which the corresponding system behavior can be terminated, i.e. the state with a dark background defines a termination condition.

5 Figure 7 shows the system behavior. As already  
mentioned above, the system behavior shows sequences of  
events which represent physically possible system  
states. Such physically possible behaviors are the  
turning of the cylinder head, the performance of the  
10 vacuum test, the performance of the scan test, the  
incrementing and interrogating of the counter and the  
inputting of a command which triggers a predetermined  
action. The state 0 in figure 7 characterizes both the  
initial state and the end state of the respective  
15 system behavior.

~~After the system behavior has been identified,~~  
the specific system behavior is determined which  
relates to a behavior of the complete process with  
regard to the task to be controlled. The associated  
20 state machine for the specific system behavior of the  
error recovery is shown in figure 8. In figure 8, there  
are two marked states 801 and 807, state 801 being  
simultaneously the start and an end state of the state  
machine. The specific system behavior "error recovery"  
25 ~~can be terminated in each case in states 801 and 807.~~

According to the above statements, the validation is then performed. To this end, a number of iterations which, finally, lead to the solution according to figure 7 to figure 9 are shown according to figure 2 (compare transition from validation 202 to structuring 201: iteration) 22

~~Figures 8 and 9 show the controlled specific-~~  
system behavior corresponding to the predetermined  
functionality of the complete process. For this  
35 ~~purpose, three tasks have been identified.~~

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

~~which are executed in parallel: error recovery, scan test and vacuum test. The error recovery, in particular, is only activated if both the scan test 104 and the vacuum test 103 [lacuna] in a marked state (compare state 6 or, respectively states 907, 917 in figure 9). The scan test 104 and the vacuum test 103 are only activated if the error recovery is in the initial state (compare state 0 or 801 in figure 8).~~ *201*

The system behavior and the specific system  
10 behavior according to figures 7-9 are non-blocking.  
Furthermore, the specific system behavior according to  
figures 8 and 9 is controllable with respect to the  
system behavior from figure 7.

In figure 10, the complete process is assembled from the state machines according to figures 7-9. Figure 10 represents the product state machine of the state machines described and is comprehensible per se. In particular, the product state machine according to figure 10 is not used for structuring and solving the control task for the complete process since the easily traceable procedure, as described, guarantees a structured and clear approach to determining the data which are necessary for controlling the complete process.

25       The executable program code for controlling the  
complete process is automatically generated in that  
first function calls are assigned to the controllable  
events, the return values of the function calls or  
output values of sensors being assigned the  
30 corresponding uncontrollable events. The program code  
for controlling the complete process is generated from  
the state machine assignments and associated program  
code fragments.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

*Old Spec*